社会交互情境对主动控制感的影响*

李云云 [1,2] 顾晶金 [1,2] 赵 科 [1,2]* 傅小兰 [1,2]*
[1]（中国科学院心理研究所，脑与认知科学国家重点实验室，北京 100101）
[2]（中国科学院大学心理学系，北京 100049 ）

摘要：主动控制感是人们与环境交互过程中产生的控制自己动作并借此控制外界事物的体验，它可以延伸到社会交互中其他主体的动作及其动作引起的结果上。大量社会交互背景下的研究表明，主动控制感受到旁观、竞争、合作和层级式交互等社会交互情境的影响。相关的神经机制研究表明大脑的额-顶网络，包括初级运动皮层、角回、脑岛、颞顶联合区、内侧前额叶皮层、楔前叶等脑区对于社会交互中的主动控制感具有重要作用。未来研究需要进一步探索社会交互情境影响主动控制感的认知和神经机制，考察多模态刺激对社会交互中主动控制感的影响，并关注社会交互中主动控制感对认知过程和行为反应的调节作用。

关键词：主动控制感；社会交互情境；额-顶网络
分类号：B842

The influence of social interaction situations on the sense of agency

Li Yunyun[1,2]; Gu Jingjin[1,2]; Zhao Ke[1,2]*, Fu Xiaolan[1,2]*
[1] (*State Key Laboratory of Brain and Cognitive Science, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100101, *China*)
[2] (*Department of Psychology, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100049, *China*)

Abstract: The sense of agency is the experience of controlling one's own motor acts and, through these acts, controlling the course of external events in the interaction with the environment. It can be extended to the actions of other agents and the outcomes caused by their actions in social interaction. A large number of studies in the context of social interaction have shown that the sense of agency is influenced by social interaction situations such as observation, competition, cooperation and hierarchical interaction. Relevant neural mechanism studies have demonstrated that the fronto-parietal network, including primary motor cortex, angular gyrus, insula, temporo-parietal junction, medial prefrontal cortex, and precuneus, plays an important role in the sense of agency in social

* 本文系国家重点研发计划基金项“神经网络的可解释性”（项目编号：2018AAA0100205）、国家自然科学基金项“跨模态学习的自适应、预测和交互”（项目编号：61621136008）、国家自然科学基金项“动作主动控制感的认知神经机制”（项目编号：32071055）和国家社会科学基金重大项目“中国人道德认知和情绪特点的心理、脑与人工智能跨学科研究”（项目编号：19ZDA363）的研究成果之一。
通讯作者：赵科，E-mail: zhaok@psych.ac.cn；傅小兰，E-mail: fuxl@psych.ac.cn

interaction. Future researches need to further explore the cognitive and neural mechanisms underlying the effects of social interaction situations on sense of agency, investigate the influences of multimodal stimuli on sense of agency in social interaction, and consider the modulation effects of sense of agency on cognitive processes and behavioral responses in social interaction.
Key words: sense of agency; social interaction situations; fronto-parietal network

1 引言

主动控制感（sense of agency，SoA）是人与环境交互过程中产生的控制自己动作进而控制外界事物的体验[1-3]。它是“我”引起或产生了一个动作的感觉[4]，是自我意识（sense of self）的基础[5]。主动控制感对认知加工和行为反应具有重要的调节作用。例如，人们会对受自己控制的刺激投入更多的注意[6, 7]、产生更强的记忆[8]、具有更快的反应速度等[9]。

主动控制感可以产生于个体行为的情境，也可以扩展到社会交互活动中。在社会交互中，人们需要有意识地组织各自的行为并相互影响以实现追求的目标。因此，此时个体既要考虑自身行为和结果，也需要将他人的行为及结果纳入自己的认知加工中。从主动控制感的产生过程来看，一方面，在动作控制系统中，个体可以根据自己的动作意图产生对动作结果的内部预期[10]，也可以对他人的动作意图进行表征，进而产生对他人动作结果的内部预期[11]。如果预期和实际感觉反馈相匹配，就会产生主动控制感[12]。另一方面，根据因果推理的原则，当观念在动作之前恰当的时间出现、观念与结果一致、没有其他更可能引起结果的原因时，人们可以对观念和动作（以及动作结果）之间的因果关系进行推断，将动作和动作结果归因于自己或者他人，从而产生相应的主动控制感[13-15]。社会背景下的实证研究发现，个体既可以产生对自己动作和动作结果的主动控制感[16]，也可以产生对他人动作和动作结果的主动控制感[17, 18]，在特定条件下还会产生与其他人一起控制动作结果的联合主动控制感（joint agency）[19]。这些研究表明主动控制感可以延伸到对社会交互中其他主体的动作及其动作结果上。

在社会交互中对主动控制感的监测依靠一些高水平的加工机制，比如心理理论（theory of mind，或者心智化，mentalizing）[20]能力。利用心理理论，我们可以更好地理解社会因果关系[21]，以及预测社会交互中其他人的行为[22]。已有的研究表明，不同的社会交互情境中，人们对行为的预期和归因等心理理论过程可能存在差异[23-25]，因此社会交互情境可能通过影响与预期和归因有关的心理理论过程来影响主动控制感。近年来，大量的研究分别对各种社会交互情境中主动控制感的产生和变化情况进行了探究[17, 26-32]。本文通过系统梳理已有的研究证据，对社会交互情境和非社会情境中的主动控制感进行比较，阐明不同的社会交互情境对主动控制感的影响；通过对神经成像研究结果的总结，进一步探讨社会交互情境中主动控制感产生和变化的神经机制；最后对社会交互中主动控制感的未来研究进行了展望。

2 社会交互情境对主动控制感的影响

在不同的社会活动情境中，人与人之间会形成无交互旁观、竞争、合作和层级式交互等社会交互关系。一些情况下，活动主体之间仅需要互相观察并各自行动，就能对彼此的行为产生影响。另一些情况下，活动主体的目标存在联系，导致个体之间的行动有竞争和合作的关系[33]。在竞争情境中，某个或某些个体目标的实现会损害或抑制其他个体目标的完成，个体独立组织自己的行动；而在合作情境中，人们以共同目标为基础，每个个体之间存在相互促进的关系，需要以相互协调的方式进行联合行动（joint action）。此外，人类社会内部还会形成社会层级（social hierarchy），层级关系被认为有利于解决社会竞争的冲突，促进个体之间的协调和合作[34]。

现有的社会交互背景研究中，对主动控制感的测量主要有两种方式。一种方式是被试直接对动作和结果的控制感进行外显报告。例如询问被试“这个结果是你（或者他人）造成的吗”[35]，“你感觉对自己（或者对另一个人）动作的控制程度有多强”[36]，“你感觉对结果的控制程度有多强”[37]，或者要求被试对从共同控制到单独控制的程度进行评分[28]。由于主动控制感与责任感密切关联[38, 39]，也经常有研究者通过被试在联合行动中对结果的负责任程度或贡献程度评分来考察主动控制感[26, 30, 40]。另一种方式是通过感知觉和时间知觉等内隐指标对主动控制感进行内隐测量。其中，前者表现为主动动作触发的事件感知强度的降低，即“感觉衰减”（sensory attenuation）效应[41]；后者表现为对自己或他人的主动动作和结果的时间间隔的主观压缩，即“意图绑定”（intentional binding）效应[1, 42]。感觉衰减是由于主动做出动作时，实际感觉结果和预期结果之间的一致性而产生的，体现在自身动作产生的视觉、听觉和本体感觉结果感知强度的降低[10, 31, 41]。意图绑定反映了对时间上接近的两个事件的因果关系的觉察[2, 43]，可以通过 Libet 时钟法，要求参与者报告他们按键时刻点和听到声音结果时刻点指针的位置来测量[1]；或采用间隔估计法，要求参与者直接估计动作与其结果的时间间隔来测量[29]。无论采用哪种时间报告方法，只要知觉到主动动作和结果在时间上向彼此接近，即两者的时间间隔发生了主观压缩，就表明产生了主动控制感。

通过梳理由内隐和外显测量方法得到的社会交互情境中主动控制感的研究结果，本文总结了在旁观、竞争、合作和层级式交互等社会交互情境中，个体对自己和他人的动作和动作结果的主动控制感以及联合主动控制感的变化情况，比较了社会交互情境和非社会情境中的主动控制感水平、以及同一种社会交互情境中不同类型主动控制感水平的高低。

2.1 无社会交互的旁观情境对主动控制感的影响

旁观是理解他人行为的一种重要方式，普遍存在于各种社会活动中。当个体之间不存在社会交互时，个体对自己动作的主动控制感也会受到他人活动的影响。Khalighinejad 等人[44]发现在动作-结果学习任务中，当可以观察到他人的动作和动作结果时，相比于不能观察到他人时，被试对自己动作的时间估计会随着实验次数增多而越来越偏向结果，即发生了逐渐增强的时间压缩效应。这表明对他人动作的表征在对自己动作的主动控制感中具有重要作用，对他人的观察学习可以增强对自己动作的主动控制感。

个体在观察他人时也可以产生对他人动作和结果的主动控制感。研究表明，在没有互动的观察任务中，个体对他人的动作-结果时间间隔的估计表现出时间压缩效应[45-47]。然而，这种效应的产生是以动作意图为前提条件的。Wohlschläger等人[48]的研究发现，在被试、实验者或机器按压杠杆引起一个声音结果的不同条件下，被试对自己和他人动作的时间估计比实际发生时间更晚，偏向动作结果，即出现了时间压缩效应，而对机器动作的时间估计却没有表现出这种效应。并且还有研究者发现，在更高的观念水平上，对他人动作计划和意图的觉察，增强了被试对被观察者动作-结果的意图绑定效应[49]和对他人责任的认定[50]。这表明对其他主体动作意图的觉察是产生对他人动作和结果的主动控制感的前提。

另一些研究比较了对自己和对他人动作和结果的主动控制感水平，得到了不一致的结论。其中，一部分研究发现，被试对自己和对被观察者动作-结果的时间间隔估计具有同样大小的时间压缩效应[45, 46]。而另一部分研究却发现与对自己动作-结果的时间间隔估计相比，被试对被观察者动作-结果产生的时间压缩效应更小[29, 51]。这些研究在实验任务中存在一些差异，前者以被试手动按键的持续时长作为时间间隔估计，后者以被试口头报告的时长数字作为时间间隔估计，可能被试通过按键方式对动作和结果之间的感知间隔进行了更准确的反应[45]。

2.2 竞争情境对主动控制感的影响

当一个人对目标的追求阻碍另一个人目标的实现时，往往会发生竞争。常见的竞争情境中，积极或者消极的结果只发生在其中一方身上，双方或多方各自采取或不采取行动以争取对自己有利的结果并避免对自己有害的结果。这种情境下，竞争者的行动或者可能采取的行动会降低个体对自己动作和动作结果的主动控制感。例如，Beyer 等人[27]的研究考察了被试在回避损失任务中对自己动作结果的主动控制感，发现在有其他参与者可以替代被试采取行动承受损失的社会实验条件中，被试对动作结果的控制感评分低于单独实验条件下的评分。这一结果在随后的一系列研究中得到了重复验证[22, 37, 52]，表明竞争性的社会交互情境损害了个体对自己动作结果的主动控制感。

竞争关系对主动控制感的损害还体现在对他人动作结果的体验上。在竞争情境中，相比于对自己动作结果的主动控制感，个体对他人动作结果的主动控制感更低。Tang 和 McBeath[53]在实验中模拟了篮球竞赛中两名对手争抢篮球的情境，要求相对而坐的两名被试在看到闪烁提示时，尽快用自己右手食指触碰到对方左手背，然后报告是自己先触碰到了对方还是对方先触碰到了自己。研究结果显示不管实际情况如何，每名被试都更多地报告自己触碰到对方要早于对方触碰到自己，表明相比于对自己动作结果的时间感知，被试对竞争者动作结果的时间感知发生了更晚的偏移。

2.3 合作情境对主动控制感的影响

与竞争情境不同，在合作情境中人们具有共同的目标。为了实现同一个目标，多个个体会联合行动，在空间和时间上协调他们的动作。在合作过程中，个体目标的一致性和对联合行动的共同表征会造成自我-他人重叠（self-other overlap）[54, 55]。研究者认为，当合作关系中的多个个体处于平等地位时，在时空维度上的动作协调和自我-他人重叠，容易使合作者产生他们是“一体”的感

觉，产生“我们”共同控制的体验[56]。这一观点得到了实证研究的支持。Bolt 等人[19]和 Loehr[28]发现，当被试与合作伙伴协调地产生音调序列时，相比于协调性较差的情况，被试对结果的联合主动控制感评分更高。这可能是由于协调的动作使被试们产生了共同的动作表征，因此导致他们更多地体验到了“我们”的控制。

值得关注的是，在参与者地位平等的联合行动中，“我们”身份的形成是否会造成被试“自我”意识的丧失。关于这一点的结论是，“自我”控制和“我们”控制并不是完全对立的，在产生联合主动控制感的情况下，自我主动控制感是否衰减取决于联合行动的形式。具体而言，在联合行动中，当参与者各自的意图和行动都对其共同目标产生相同程度的贡献时，自我-他人的重叠使参与者更容易形成“我们”的身份，产生联合主动控制感。其中，参与者贡献内容的差异则关系到自我-他人可区分的程度，而自我-他人的区分可能通过影响动作和动作结果的归属判断[57]，进而影响到个人的自我主动控制感。

在一种合作情境中，两个或更多参与者的角色相同或者可以相互转换且他们的动作具有相似的知觉结果，此时结果的所有权以及个体对动作结果的贡献模糊不清，这可能导致自我-他人区分困难[54]。有研究发现，当两名被试同时按键共同产生一个声音结果时，被试将结果归因于自己和归因于他人的判断次数没有显著差异[35]。并且，相比于单独操作条件，当和其他人以相同的动作方式完成任务时，被试对动作结果的控制感评分降低[26]，对结果的负责任程度和贡献程度评分也降低了[30]。类似地，Reddish 等人[17]的研究结果显示，当与他人同步做出相同的动作时，相比于不同步的条件，被试更多地体验到了他人对自己动作的控制（实验 1）。然而，他们还发现了同步条件下被试对他人动作的控制感增强。这可能意味着在参与者们动作相同的合作情境中，个体对自己和对他人动作的主动控制感体验存在相反的情况。

在另一种合作情境中，行动者们具有不同的角色，通过互补性的联合行动，每个人的动作方式不同，产生的结果可能也存在差异。这种情况下，行动者各自的贡献内容明确不同，使得自我-他人区分的难度降低，有利于增强对自己动作的主动控制感。Dewey 等人[26]通过要求两名参与者分别控制屏幕上光标的水平或垂直运动方向完成目标追踪任务，来考察他们对结果的主动控制感。研究结果显示，相比于单独条件下参与者只能控制一个方向进行任务，在合作条件下两名参与者控制不同方向进行任务时被试评价自己对目标追踪结果的贡献程度更高（实验 2 和实验 3）。这种角色互补的合作对个人主动控制感的增强作用还体现在时间维度上。van der Wel 等人[58]发现，与一直单独完成任务相比，先进行动作互补的联合行动然后再单独完成任务的条件中，被试在后半部分单独完成任务时对自己动作的主动控制感水平提升了。

角色不同的互补性联合行动中，个体对他人的动作结果也存在内隐的主动控制感。Obhi 和 Hall[59]的研究显示，当两名被试以先后顺序按同一个按键共同产生一个声音结果时，被试对他人的动作-结果产生了意图绑定效应。与之一致的是，Sahaï 等人[18]发现当被试与他人用不同的按键对不同的刺激进行反应来联合执行任务时，被试对他人动作-结果的意图绑定效应比在单纯观察他人行动条件下更大，甚至大于对自己动作-结果的意图绑定效应。并且，Obhi 和 Hall[60]的研究发现当合作者是有意图的人类而不是无意图的机器时，被试才会对合作者的动作-结果产生意图绑定效应。这再次表明理解他人意图对于主动控制感的产生具有关键作用。然而，互补性的联合行动中，个体对他人动作的外显控制感水平可

能比较低。最近一项研究中，van der Weiden 等人[36]发现在参与者轮流进行按键执行联合任务时，被试对合作者动作的控制感评分远低于对自己动作的控制感评分。这可能是因为在互补性的联合行动中，个体之间的动作明显可区分，因此较难对明确归属于他人的动作产生外显的控制感。

总的来说，在参与者贡献程度相同的联合行动中，自我-他人的部分重叠使合作者产生了联合主动控制感。当自我和他人的贡献内容难以区分时，个体对自己动作的主动控制感会受到损害，但是对他人动作的主动控制感可能会增强；当个体在联合行动中的贡献内容明确可辨别时，个体对自己动作的主动控制感和对他人动作和结果的内隐主动控制感都会增强，但是较难产生对他人动作的外显控制感。这表明个人主动控制感和联合主动控制感并不完全冲突，在适当的情况下可以共存。

2.4 层级式交互情境对主动控制感的影响

社会层级是人类社会的一种基本组织形式，社会群体成员在某个价值维度（行为、技能或特质等）上形成分层，具有不同的地位[61]。在层级式社会交互活动中，人们在意图和动作重要性等维度上存在主导和非主导的不同角色，并且对结果的贡献程度不同，因而他们的主动控制感体验可能也存在差异。

在社会层级式交互中，“我们”模式发生了改变。Bolt 等人[19]的研究发现在被试必须跟随另一个人的节奏进行联合行动的条件中，相比于两人需要适应彼此节奏的条件，被试的联合主动控制感水平降低，并且领导者比跟随者更少体验到联合控制的感觉。可能的原因是，在层级式交互中，主导者和非主导者主观体验到的贡献程度存在差异[40]，这种差异造成自我-他人重叠部分减少，难以形成“我们”的身份。最近一项研究的结果与这种观点一致。Le Bars 等人[62]报告在共同行动中，动作贡献程度不同（较高和较低）的条件下被试的联合控制感评分比在贡献程度相同的条件下更低。然而，动作贡献程度不同的条件下两名被试的联合主动控制感水平并没有显著差异，这与 Bolt 等人[19]的研究结果不一致。这可能是由于，虽然两项研究都比较了主导与非主导被试的主动控制感，但是被试之间具体的关系结构存在不同，前一项研究中两名被试的行为之间不存在因果关系，而后一项研究中领导者的动作一定程度上引起了跟随者的动作，存在因果关联。当领导者的动作引起跟随者的动作时，跟随者可能感觉到动作结果是自己和领导者一起引起的，而领导者却不会产生共同控制的感觉。所以领导者比跟随者体验到的联合主动控制感更弱。Bolt 等人[19]的研究结果可能也表明了层级式交互中主导者会转入“自我”控制的模式。

对自己动作和结果的主动控制感与个体在层级式交互中所处的角色有关。研究显示，相比于自由选择和主动做出的动作，当按照他人的言语指令做出动作或者肢体在他人操纵下被动做出动作时，被试对自己动作-结果的时间间隔估计更长，对自己动作的控制感评分也更低[63-65]。非主导者对自己动作和结果的主动控制感降低也表现在与主导者的比较中。Le Bars 等人[62]发现，在联合行动中动作贡献程度较低的条件下，相比于动作贡献程度较高的条件，个体感觉自己对动作结果的控制程度降低了。与之一致的是，当必须听从他人的行动方案[66]，或者跟随在他人动作之后行动时[42]，相比于处于主导者位置，个体对自己动作的主动控制感水平也降低了。然而，也有一些研究得到了相反的结果。Strother 等人[67]报告与自己主动按键相比，当跟随他人的动作被动按键时，被试对按键动作-结果

的时间间隔估计更短，产生了更强的时间压缩效应。Weiss 等人[31]的研究也发现被命令条件下被试对自己动作的声音结果产生的感觉衰减效应比主动条件下更大，意味着被命令者有更强的内隐主动控制感。研究者推测，这可能是由于在社会交互背景下自我主动控制感的对比增强造成的，即一个人按键动作的因果启动转向了外部来源（即另一个人）时，反过来又需要并可能促进对能够体现自己动作贡献的其他（内部）线索的获取[31]，这些能够代表自己贡献的线索增强了自我主动控制感。然而，以上研究采用的实验范式和测量指标存在差异，研究结果上的不一致可能与多种因素有关，未来研究需要对此做出进一步考察。

对他人动作和结果的主动控制感也受到个体在层级式交互中所处角色的影响。当个体的动作引起他人的动作时，发起者会产生对跟随者动作的主动控制感。例如，Pfeiffer 等人[68]发现当被试的注视引起屏幕上的面孔做出与自己方向一致的注视动作时，相比于不一致条件，被试报告面孔代表的虚拟人物与自己的反应相关程度更高。进一步的研究结果表明，当被试认为自己的注视方向对屏幕中面孔的注视方向具有引导作用时，相比于没有引导的条件，被试对自己动作与面孔动作的时间间隔估计更短，产生了对屏幕上面孔的内隐主动控制感[21, 69, 70]。此外，动作序列的发起者也会经历对跟随者动作结果的主动控制感。Weiss 等人[31]的研究显示，当被试通过动作引起他人的按键动作，进而产生一个声音结果时，与观察他人单独按键相比，被试对他人引起的声音响度的感知水平显著降低，即发生了感觉衰减效应。相反地，跟随者难以产生对发起者动作的主动控制感。Pfister 等人[42]发现在动作序列中处于跟随者位置与处于发起者位置相比，被试对发起者动作-结果的意图绑定效应减小了。类似地，Reddish 等人[17]也发现当被试必须配合另一个人动作的速度一起进行联合行动时，相比于自己决定动作速度领导他人的节奏，被试对他人动作的控制感程度降低。

此外，当个体的动作产生伤害他人的消极结果时，胁迫的社会交互情境对主动控制感具有更广泛的损害作用。与其他层级式交互类似，被胁迫者的主动控制感降低了。Caspar 等人[32]的研究采用对第三人进行生理电击或者经济处罚的任务，发现与主动按键相比，被胁迫执行动作条件下被试对自己动作-结果的时间间隔估计更长，对结果的负责任程度更低。进一步的研究也得到了一致的结果，即在被胁迫对他人电击时被试对自己动作的主动控制感会降低[71]。然而，不同于其他层级式交互中主导者主动控制感增强的情况，这种胁迫他人对第三人造成伤害的情境下命令者的主动控制感并没有得到明显的提升。Caspar 等人[71]考察了在电击实验中胁迫者的主动控制感，他们发现，被试作为命令者胁迫他人对第三人进行电击时对被胁迫者动作-结果的时间间隔估计，与被试自由选择是否执行电击时对自己动作-结果的时间间隔估计相比，前者的时间压缩效应减小。并且，胁迫他人执行动作与单纯观察他人执行动作条件下被试对他人动作-结果的时间间隔估计没有显著差异。这可能表明，在道德上胁迫他人不仅会降低被胁迫者对自己动作结果的主动控制感，而且会降低（至少不会增强）胁迫者对他人动作结果的主动控制感。

3 社会交互中主动控制感的认知神经机制

目前只有少数研究考察了社会交互中主动控制感的神经机制，已有的证据表明大脑的额-顶网络参与了主动控制感的产生和变化过程。首先，与意图加工有

关的脑区对社会交互中主动控制感的产生具有重要作用。Moore 等人[49]的研究发现，在观察他人动作的过程中，相比于无意图的动作，被试对有意图的主动动作-结果时间间隔估计更短，并且，与个体对自身动作的主动控制感有关的顶上皮层（superior parietal cortex）和初级运动皮层（primary motor cortex，PMC）等脑区，也参与了对观察到的主动动作和被动动作的区分。其中，位于初级运动皮层的辅助运动区（supplementary motor area，SMA）被认为与个体动作意图的产生有密切的关系[72]。这表明负责动作意图产生的脑区也参与对他人动作意图的理解。

其次，后部顶叶皮层（posterior parietal cortex，PPC）和脑岛（insula）参与了社会交互中对动作内部预期和外部结果反馈的比较过程。Beyer 等人[37]采用阻止气球爆炸任务，考察独自承担损失或者与他人竞争以避免承担损失的情境中个体对自己动作的主动控制感。结果显示，不论是否有他人参与任务，位于后部顶叶皮层的左侧角回（angular gyrus，AG）的活动都与主动控制感水平呈负相关。脑成像研究结果表明角回的激活与主动控制感缺失或降低有关[73, 74]。一项研究发现，被试报告对虚拟手运动的控制越弱，右下顶叶特别是角回的激活程度就越强[75]。另一项研究发现，在延迟视觉反馈的范式中，被试对动作预期和动作结果之间不匹配的认知，以及对他人引起了视觉结果反馈的感知，都与角回的激活有关[76]。这表明后部顶叶皮层尤其是角回参与了对内部预期和外部反馈的比较过程。脑岛也具有类似的激活表现。Moore 等人[49]比较了在观察他人动作的过程中动作-结果条件和仅动作条件的脑激活，发现当有动作意图时仅动作条件比动作-结果条件引起脑岛更强的激活，而当没有动作意图时动作-结果条件比仅动作条件引起脑岛更强的激活。研究者认为当有动作意图时会期待动作产生结果，如果结果没有出现就违反了预期；当没有主动动作意图时会产生没有动作结果的预期，如果出现了动作结果反而违反了预期。因此，在社会情境中，脑岛主要负责对他人动作的内部预期和外部反馈的监测，在预期被违反时有显著的激活[77, 78]。

第三，颞顶联合区（temporo-parietal junction，TPJ）和内侧前额叶（medial prefrontal cortex，mPFC）与对社会交互情境的加工有关。Beyer 等人[37]发现与非社会情境相比，竞争性社会交互情境中个体对自己动作的主动控制感降低，双侧颞顶联合区和内侧前额叶都有更大的激活，其中双侧颞顶联合区的活动受社会背景的调节，但是对主动控制感不敏感。颞顶联合区和内侧前额叶是心理理论的关键脑区，与区分自我和他人的动作表征有关[79, 80]。颞顶联合区的活动可能反映了对任务环境中存在另一个主体的探测[37]。而内侧前额叶可能参与对竞争情境的加工。一项多人电脑游戏的研究发现，眶额皮层（orbitofrontal cortex）在合作条件中被选择性地激活，而内侧前额叶在竞争过程中被选择性地激活[81]。相比于合作情境，在竞争情境中更需要对自我和他人进行区分，颞顶联合区和内侧前额叶可能共同参与了这一心理理论过程。

最后，楔前叶（precuneus）的活动可能与动作感知和社会归因过程都有关系。Beyer 等人[37]的研究显示与非社会情境相比，竞争性社会交互情境中被试的楔前叶有更强的激活，并且楔前叶的神经活动与主动控制感的强度呈负相关。已有研究证据表明，当被试对自己动作的预期和视觉反馈的不匹配程度增加[82]，或者被试根据社会性线索将动作归因于其他个体[83]，或者将社会事件归因于外界原因而不是自身原因时[84]，楔前叶的激活程度都会增加。因此，楔前叶可能同时参与了动作相关的加工过程和社会背景相关的认知过程，连接了动作感知和社会背

景加工有关的脑区，是两种加工过程的连接点。

此外，来自电生理研究的发现为社会交互中的主动控制感提供了时间进程方面的认知神经机制线索。动作发生之前的脑电成分可能体现了与动作预期有关的加工。一项事件相关电位（event-related potential，ERP）研究表明，个体在观察另一个人的手抓住物体之前产生了关联性负变（contingent negative variability，CNV）[85]。CNV 作为预期即将到来的刺激的一项指标[86]，在动作观察期间，被认为指示了动作观察的神经网络中运动区的激活，体现了对所观察动作的预期[85]。另外一些研究还发现，与单独情境下做出举杯碰杯的动作相比，被试在联合行动情境下与他人同时举杯并碰杯的动作发生之前产生了更大的 CNV，这可能表明合作情境中被试在计划阶段提前表征了合作者的动作[87]。此外，当提前提示联合行动中他人动作的信息时，相比于不提示他人动作的信息，被试会产生更大的 CNV[88]，这进一步表明在有先前信息的情况下，对他人动作的预测性增强了。因此，旁观和合作情境下，动作发生之前的 CNV 可能体现了运动区对他人动作的内部预期。在动作结果之后的 ERP 成分中，N1 和反馈负波（feedback-related negativity，FRN）可能与预期结果和实际结果的比较有关。Poonian 等人[46]发现与声音-声音控制条件相比，自己执行动作和观察他人动作引起声音结果的条件中，声音结果引发的 N1 波幅都更低。研究者认为降低的 N1 波幅是由于对结果自上而下的预期抑制了听觉皮层的活动[89]。因此，旁观情境中，动作结果发生之后早期阶段的感觉 N1 波幅降低可能反映了对自己和他人动作的预期与感觉反馈的匹配。Beyer 等人[27]采用阻止气球爆炸任务的研究发现，与独自条件相比，竞争条件下被试对动作结果的控制感评分下降，FRN 波幅也降低。Li 等人[30]使用投掷骰子任务的研究结果也显示，相比于单独掷三个骰子，与其他两名参与者各掷一个骰子合作完成任务时，被试对结果的责任感水平下降，结果反馈刺激引起的 FRN 波幅也降低了。FRN 被认为反映了对结果好坏的评价，其波幅大小与预期结果和实际结果的匹配程度有关[90]。因此，Beyer 等人[27]和 Li 等人[30]的研究结果可能表明，在竞争情境和参与者贡献相同的合作情境中，FRN 与动作结果呈现之后的监控和评价过程有关，FRN 的波幅降低可能体现了实际结果和预期结果的不一致。

4 未来研究展望

本文系统梳理了不同社会交互情境对主动控制感产生影响的研究证据，然而充分解释这些影响的认知机制和神经机制仍不明确，关于社会交互中的主动控制感还有许多问题有待深入探讨：

首先，需要进一步考察社会交互情境影响主动控制感的认知机制。一些研究从心理理论和动作加工的角度探讨了社会交互情境对主动控制感的影响[21, 22, 37]。例如，先前研究表明动作选择的流畅性会影响主动控制感[91]。据此，Beyer 等人[37]认为个体在竞争情境中对自己动作的主动控制感比非社会情境下降低，是因为在竞争情境中考虑他人可能采取的动作这一心理理论过程导致行为决策更加复杂和困难，影响了行为选择过程的流畅性，从而干扰了对自己动作的主动控制感。然而，这种解释似乎并不适用于所有的社会交互情境。按照上述观点，由于合作和竞争活动都涉及对另一个行为者的意图和行为的关注、预期和反应[92]，那么这两种情境中的心理理论过程应当都会干扰动作选择过程的流畅性，导致主动控制

感降低。但是，Dewey 等人[26]的研究却发现合作情境中个体对自己动作的主动控制感得到了提高。这表明对他人动作进行考虑的心理理论过程可能更加复杂，并且其作用可能取决于社会交互情境。未来的研究可以尝试从与动作预期和因果归因有关的心理理论过程的角度出发，来考察社会交互情境影响主动控制感的认知机制。

其次，应当深入探讨不同社会交互情境中主动控制感变化的神经机制。目前相关的研究还处于初步阶段，发现了辅助运动区与产生动作意图和理解他人动作意图有关，角回和脑岛与动作的内部预期和外部反馈之间的比较有关，颞顶联合区和内侧前额叶与社会情境中自我-他人的区分有关，楔前叶可能在动作感知和社会背景有关的加工之间起到连接的作用。然而，除了上述脑区，一些研究发现眶额叶皮层可能与合作情境的加工有关[81]，纹状体（striatum）可能与感知社会层级有关[93]。这些脑区在合作和层级式交互等不同的社会交互情境中，如何参与主动控制感的加工过程尚未明确。此外，对自己和对他人动作的主动控制感以及联合主动控制感等不同类型主动控制感的脑机制有哪些异同，也是主动控制感研究中有待探讨的重要问题。因此，未来研究需要考察不同社会交互情境中各种主动控制感在额-顶网络的大脑活动差异，以深入理解主动控制感产生和变化的神经基础。

第三，需要探究社会交互中对多模态刺激的主动控制感。人们可以产生对视觉、听觉、触觉等单个模态刺激的主动控制感，但是，人的社会交互活动往往是在一个多模态的环境中进行的，多模态刺激的整合过程对认知活动具有重要影响[94, 95]。在社会交互背景下，仅有少数研究考虑了跨模态刺激的相互作用对主动控制感的影响[96, 97]。未来研究应当对此开展更加全面和深入的考察，比如，与单模态相比，和动作同时呈现的多模态刺激、动作的多模态结果刺激对社会交互中的主动控制感有何影响，以及多模态刺激之间的一致性关系在其中有何作用等。

第四，有待考察社会交互中主动控制感对认知过程和后续动作的影响。社会交互是一个动态的过程，在动作过程中产生的主动控制感反过来又会对认知过程和后续所采取的动作产生影响。已有研究表明主动控制感可以调节与行为和行为结果有关的社会认知、社会态度、责任感和后续行为选择等多个水平的心理活动[9, 98-100]，不断地塑造着人们与环境的交互模式。然而，社会交互过程需要考虑自己的动作，也需要考虑他人的动作，这两方面可能会一起影响整个交互过程。因此，未来研究应当进一步考察在各种社会交互情境中，对自己和对他人动作的主动控制感在影响认知和后续动作方面有何异同，以及它们如何相互作用来共同调节认知过程和行为反应。

参考文献

[1] Haggard P, Clark S, Kalogeras J. Voluntary Action and Conscious Awareness [J]. Nature Neuroscience, 2002, 5(4): 382-385.

[2] Haggard P. Sense of Agency in the Human Brain [J]. Nature Reviews Neuroscience, 2017, 18(4): 196-207.

[3] 张淼, 吴迪, 李明, et al. 主动控制感的测量及认知神经机制 [J]. 心理科学进展, 2018, 26(10): 1787-1793. (Zhang Miao, Wu Di, Li Ming et al. The measurement and neural mechanism of sense of

agency [J]. Advances in Psychological Science, 2018, 26(10): 1787-1793)
[4] Gallagher S. Philosophical Conceptions of the Self: Implications for Cognitive Science [J]. Trends in Cognitive Sciences, 2000, 4(1): 14-21.
[5] Knoblich G, Flach R. Action Identity: Evidence from Self-Recognition, Prediction, and Coordination [J]. Consciousness and Cognition, 2003, 12(4): 620-632.
[6] Wen W, Haggard P. Control Changes the Way We Look at the World [J]. Journal of Cognitive Neuroscience, 2018, 30(4): 603-619.
[7] Huffman G, Brockmole J. Attentional Selection Is Biased Towards Controllable Stimuli [J]. Attention Perception & Psychophysics, 2020, 82(5): 2558-2569.
[8] Dubrow S, Eberts E A, Murty V P. A Common Mechanism Underlying Choice's Influence on Preference and Memory [J]. Psychonomic Bulletin & Review, 2019, 26(6): 1958-1966.
[9] Karsh N, Eitam B. I Control Therefore I Do: Judgments of Agency Influence Action Selection [J]. Cognition, 2015, 138: 122-131.
[10] Blakemore S J, Wolpert D M, Frith C D. Why Can't You Tickle Yourself? [J]. Neuroreport, 2000, 11(11): R11-R16.
[11] Wolpert D M, Doya K, Kawato M. A Unifying Computational Framework for Motor Control and Social Interaction [J]. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences, 2003, 358(1431): 593-602.
[12] Frith C D, Blakemore S J, Wolpert D M. Abnormalities in the Awareness and Control of Action [J]. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences, 2000, 355(1404): 1771-1788.
[13] Wegner D M. The Mind's Best Trick: How We Experience Conscious Will [J]. Trends in Cognitive Sciences, 2003, 7(2): 65-69.
[14] Wegner D M, Wheatley T. Apparent Mental Causation - Sources of the Experience of Will [J]. The American Psychologist, 1999, 54(7): 480-492.
[15] Suzuki K, Lush P, Seth A K, et al. Intentional Binding without Intentional Action [J]. Psychological Science, 2019, 30(6): 842-853.
[16] Brandi M-L, Kaifel D, Bolis D, et al. The Interactive Self – a Review on Simulating Social Interactions to Understand the Mechanisms of Social Agency [J]. i-com, 2019, 18(1): 17-31.
[17] Reddish P, Tong E M W, Jong J, et al. Interpersonal Synchrony Affects Performers' Sense of Agency [J]. Self and Identity, 2020, 19(4): 389-411.
[18] Sahaï A, Desantis A, Grynszpan O, et al. Action Co-Representation and the Sense of Agency During a Joint Simon Task: Comparing Human and Machine Co-Agents [J]. Consciousness and Cognition, 2019, 67: 44-55.
[19] Bolt N K, Poncelet E M, Schultz B G, et al. Mutual Coordination Strengthens the Sense of Joint Agency in Cooperative Joint Action [J]. Consciousness and Cognition, 2016, 46: 173-187.
[20] Premack D, Woodruff G. Does the Chimpanzee Have a Theory of Mind? [J]. The Behavioral and Brain Sciences, 1978, 1(4): 515-526.
[21] Stephenson L J, Edwards S G, Howard E E, et al. Eyes That Bind Us: Gaze Leading Induces an Implicit Sense of Agency [J]. Cognition, 2018, 172: 124-133.
[22] Sidarus N, Travers E, Haggard P, et al. How Social Contexts Affect Cognition: Mentalizing Interferes with Sense of Agency During Voluntary Action [J]. Journal of Experimental Social Psychology, 2020, 89: 103994.
[23] Chang H, Cheung H. Competition Enhances Mentalizing Performance in Autism [J]. Research in

Autism Spectrum Disorders, 2016, 22: 45-54.
[24] Glover S, Dixon P. The Role of Predictability in Cooperative and Competitive Joint Action [J]. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 2017, 43(4): 644-650.
[25] Sommerville J A, Hammond A J. Treating Another's Actions as One's Own: Children's Memory of and Learning from Joint Activity [J]. Developmental Psychology, 2007, 43(4): 1003-1018.
[26] Dewey J A, Pacherie E, Knoblich G. The Phenomenology of Controlling a Moving Object with Another Person [J]. Cognition, 2014, 132(3): 383-397.
[27] Beyer F, Sidarus N, Bonicalzi S, et al. Beyond Self-Serving Bias: Diffusion of Responsibility Reduces Sense of Agency and Outcome Monitoring [J]. Social Cognitive and Affective Neuroscience, 2017, 12(1): 138-145.
[28] Loehr J D. Shared Credit for Shared Success: Successful Joint Performance Strengthens the Sense of Joint Agency [J]. Consciousness and Cognition, 2018, 66: 79-90.
[29] Engbert K, Wohlschläger A, Thomas R, et al. Agency, Subjective Time, and Other Minds [J]. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 2007, 33(6): 1261-1268.
[30] Li P, Jia S, Feng T, et al. The Influence of the Diffusion of Responsibility Effect on Outcome Evaluations: Electrophysiological Evidence from an Erp Study [J]. NeuroImage, 2010, 52(4): 1727-1733.
[31] Weiss C, Herwig A, Schütz-Bosbach S. The Self in Social Interactions: Sensory Attenuation of Auditory Action Effects Is Stronger in Interactions with Others [J]. PLoS One, 2011, 6(7): e22723.
[32] Caspar E A, Christensen J F, Cleeremans A, et al. Coercion Changes the Sense of Agency in the Human Brain [J]. Current Biology, 2016, 26(5): 585-592.
[33] Hui C, Law K S, Chen N Y F, et al. The Role of Co-Operation and Competition on Leader-Member Exchange and Extra-Role Performance in China [J]. Asia Pacific Journal of Human Resources, 2008, 46(2): 133-152.
[34] Anderson C, Willer R. Do Status Hierarchies Benefit Groups? A Bounded Functionalist Account of Status [M]//Cheng J T, Tracy J L, Anderson C. The Psychology of Social Status. New York: Springer Press, 2014: 47-70.
[35] Dewey J A, Carr T H. When Dyads Act in Parallel, a Sense of Agency for the Auditory Consequences Depends on the Order of the Actions [J]. Consciousness and Cognition, 2013, 22(1): 155-166.
[36] Van Der Weiden A, Liepelt R, Van Haren N E M. A Matter of You Versus Me? Experiences of Control in a Joint Go/No-Go Task [J]. Psychological Research, 2019, 83(5): 842-851.
[37] Beyer F, Sidarus N, Fleming S, et al. Losing Control in Social Situations: How the Presence of Others Affects Neural Processes Related to Sense of Agency [J]. eNeuro, 2018, 5(1): ENEURO.0336-17.2018.
[38] 顾晶金, 赵科, 傅小兰. 行为中的主动控制感与责任归属 [J]. 科学通报, 2020, 65(19): 1902-1911. (Gu Jingjin, Zhao Ke, & Fu Xiaolan. The Sense of Agency and The Attribution of Responsibility in Human Behavior [J]. Chinese Science Bulletin, 2020, 65(19): 1902–1911.)
[39] Haggard P, Tsakiris M. The Experience of Agency: Feelings, Judgments, and Responsibility [J]. Current Directions in Psychological Science : A Journal of the American Psychological Society, 2009, 18(4): 242-246.
[40] Grynszpan O, Sahaï A, Hamidi N, et al. The Sense of Agency in Human-Human Vs Human-Robot Joint Action [J]. Consciousness and Cognition, 2019, 75: 102820.
[41] Hughes G, Waszak F. Erp Correlates of Action Effect Prediction and Visual Sensory Attenuation in Voluntary Action [J]. NeuroImage, 2011, 56(3): 1632-1640.
[42] Pfister R, Obhi S S, Rieger M, et al. Action and Perception in Social Contexts: Intentional Binding for Social Action Effects [J]. Frontiers in Human Neuroscience, 2014, 8: 667.

[43] Moore J W, Obhi S S. Intentional Binding and the Sense of Agency: A Review [J]. Consciousness and Cognition, 2012, 21(1): 546-561.

[44] Khalighinejad N, Bahrami B, Caspar E A, et al. Social Transmission of Experience of Agency: An Experimental Study [J]. Frontiers in Psychology, 2016, 7: 1315.

[45] Poonian S K, Cunnington R. Intentional Binding in Self-Made and Observed Actions [J]. Experimental Brain Research, 2013, 229(3): 419-427.

[46] Poonian S K, Mcfadyen J, Ogden J, et al. Implicit Agency in Observed Actions: Evidence for N1 Suppression of Tones Caused by Self-Made and Observed Actions [J]. Journal of Cognitive Neuroscience, 2015, 27(4): 752-764.

[47] Wohlschläger A, Engbert K, Haggard P. Intentionality as a Constituting Condition for the Own Self—and Other Selves [J]. Consciousness and Cognition, 2003a, 12(4): 708-716.

[48] Wohlschläger A, Haggard P, Gesierich B, et al. The Perceived Onset Time of Self- and Other-Generated Actions [J]. Psychological Science, 2003b, 14(6): 586-591.

[49] Moore J W, Teufel C, Subramaniam N, et al. Attribution of Intentional Causation Influences the Perception of Observed Movements: Behavioral Evidence and Neural Correlates [J]. Frontiers in psychology, 2013, 4: 23.

[50] Damen T G E, Van Baaren R B, Brass M, et al. Put Your Plan into Action: The Influence of Action Plans on Agency and Responsibility [J]. Journal of Personality & Social Psychology, 2015, 108(6): 850-866.

[51] Engbert K, Wohlschläger A, Haggard P. Who Is Causing What? The Sense of Agency Is Relational and Efferent-Triggered [J]. Cognition, 2008, 107(2): 693-704.

[52] Ciardo F, Beyer F, De Tommaso D, et al. Attribution of Intentional Agency Towards Robots Reduces One's Own Sense of Agency [J]. Cognition, 2020, 194: 104109.

[53] Tang T Y, Mcbeath M K. Who Hit the Ball Out? An Egocentric Temporal Order Bias [J]. Science Advances, 2019, 5(4): eaav5698.

[54] Lumsden J, Miles L K, Macrae C N. Sync or Sink? Interpersonal Synchrony Impacts Self-Esteem [J]. Frontiers in Psychology, 2014, 5: 1064.

[55] Bohns V K, Lucas G M, Molden D C, et al. Opposites Fit: Regulatory Focus Complementarity and Relationship Well-Being [J]. Social Cognition, 2013, 31(1): 1-14.

[56] Pacherie E. How Does It Feel to Act Together? [J]. Phenomenology and the Cognitive Sciences, 2013, 13(1): 25-46.

[57] Chambon V, Filevich E, Haggard P. What Is the Human Sense of Agency, and Is It Metacognitive [M]//Fleming S M, Frith, C.D. . The Cognitive Neuroscience of Metacognition. Berlin Heidelberg: Springer Press, 2014: 321–342

[58] Van Der Wel R P R D, Sebanz N, Knoblich G. The Sense of Agency During Skill Learning in Individuals and Dyads [J]. Consciousness and Cognition, 2012, 21(3): 1267-1279.

[59] Obhi S S, Hall P. Sense of Agency and Intentional Binding in Joint Action [J]. Experimental Brain Research, 2011a, 211(3): 655-662.

[60] Obhi S S, Hall P. Sense of Agency in Joint Action: Influence of Human and Computer Co-Actors [J]. Experimental Brain Research, 2011b, 211(3): 663-670.

[61] Koski J E, Xie H, Olson I R. Understanding Social Hierarchies: The Neural and Psychological Foundations of Status Perception [J]. Social Neuroscience, 2015, 10(5): 527-550.

[62] Le Bars S, Devaux A, Nevidal T, et al. Agents' Pivotality and Reward Fairness Modulate Sense of Agency in Cooperative Joint Action [J]. Cognition, 2020, 195: 104117.

[63] Imaizumi S, Tanno Y, Imamizu H. Compress Global, Dilate Local: Intentional Binding in Action–Outcome Alternations [J]. Consciousness and Cognition, 2019, 73: 102768.
[64] Barlas Z. When Robots Tell You What to Do: Sense of Agency in Human- and Robot-Guided Actions [J]. Consciousness and Cognition, 2019, 75: 102819.
[65] Borhani K, Beck B, Haggard P. Choosing, Doing, and Controlling: Implicit Sense of Agency over Somatosensory Events [J]. Psychological Science, 2017, 28(7): 882-893.
[66] Van Der Wel R P R D. Me and We: Metacognition and Performance Evaluation of Joint Actions [J]. Cognition, 2015, 140: 49-59.
[67] Strother L, House K A, Obhi S S. Subjective Agency and Awareness of Shared Actions [J]. Consciousness and Cognition, 2010, 19(1): 12-20.
[68] Pfeiffer U J, Schilbach L, Jording M, et al. Eyes on the Mind: Investigating the Influence of Gaze Dynamics on the Perception of Others in Real-Time Social Interaction [J]. Frontiers in Psychology, 2012, 3: 537.
[69] Brandi M-L, Kaifel D, Lahnakoski J M, et al. A Naturalistic Paradigm Simulating Gaze-Based Social Interactions for the Investigation of Social Agency [J]. Behavior Research Methods, 2020, 52(3): 1044-1055.
[70] Ulloa J L, Vastano R, George N, et al. The Impact of Eye Contact on the Sense of Agency [J]. Consciousness and Cognition, 2019, 74: 102794.
[71] Caspar E A, Cleeremans A, Haggard P. Only Giving Orders? An Experimental Study of the Sense of Agency When Giving or Receiving Commands [J]. PLoS One, 2018, 13(9): e0204027.
[72] Haggard P. Decision Time for Free Will [J]. Neuron, 2011, 69(3): 404-406.
[73] Chambon V, Moore J W, Haggard P. Tms Stimulation over the Inferior Parietal Cortex Disrupts Prospective Sense of Agency [J]. Brain Structure and Function, 2015, 220(6): 3627-3639.
[74] Chambon V, Wenke D, Fleming S M, et al. An Online Neural Substrate for Sense of Agency [J]. Cerebral Cortex, 2013, 23(5): 1031-1037.
[75] Farrer C, Franck N, Georgieff N, et al. Modulating the Experience of Agency: A Positron Emission Tomography Study [J]. NeuroImage, 2003, 18(2): 324-333.
[76] Farrer C, Frey S H, Van Horn J D, et al. The Angular Gyrus Computes Action Awareness Representations [J]. Cerebral Cortex, 2008, 18(2): 254-261.
[77] Preuschoff K, Quartz S R, Bossaerts P. Human Insula Activation Reflects Risk Prediction Errors as Well as Risk [J]. The Journal of Neuroscience, 2008, 28(11): 2745-2752.
[78] Bossaerts P. Risk and Risk Prediction Error Signals in Anterior Insula [J]. Brain Structure & Function, 2010, 214: 645-653.
[79] Denny B T, Kober H, Wager T D, et al. A Meta-Analysis of Functional Neuroimaging Studies of Self- and Other Judgments Reveals a Spatial Gradient for Mentalizing in Medial Prefrontal Cortex [J]. Journal of Cognitive Neuroscience, 2012, 24(8): 1742-1752.
[80] Schurz M, Radua J, Aichhorn M, et al. Fractionating Theory of Mind: A Meta-Analysis of Functional Brain Imaging Studies [J]. Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 2014, 42: 9-34.
[81] Decety J, Jackson P L, Sommerville J A, et al. The Neural Bases of Cooperation and Competition: An Fmri Investigation [J]. NeuroImage, 2004, 23(2): 744-751.
[82] Nahab F B, Kundu P, Gallea C, et al. The Neural Processes Underlying Self-Agency [J]. Cerebral Cortex, 2011, 21(1): 48-55.
[83] Farrer C, Frith C D. Experiencing Oneself Vs Another Person as Being the Cause of an Action: The Neural Correlates of the Experience of Agency [J]. NeuroImage, 2002, 15(3): 596-603.

[84] Seidel E-M, Eickhoff S B, Kellermann T, et al. Who Is to Blame? Neural Correlates of Causal Attribution in Social Situations [J]. Social Neuroscience, 2010, 5(4): 335-350.
[85] Kilner J M, Vargas C, Duval S, et al. Motor Activation Prior to Observation of a Predicted Movement [J]. Nature Neuroscience, 2004, 7(12): 1299-1301.
[86] Brunia C H M, Van Boxtel G J M. Wait and See [J]. International Journal of Psychophysiology, 2001, 43(1): 59-75.
[87] Kourtis D, Knoblich G, Woźniak M, et al. Attention Allocation and Task Representation During Joint Action Planning [J]. Journal of Cognitive Neuroscience, 2014, 26(10): 2275-2286.
[88] Kourtis D, Woźniak M, Sebanz N, et al. Evidence for We-Representations During Joint Action Planning [J]. Neuropsychologia, 2019, 131: 73-83.
[89] Aliu S O, Houde J F, Nagarajan S S. Motor-Induced Suppression of the Auditory Cortex [J]. Journal of Cognitive Neuroscience, 2009, 21(4): 791-802.
[90] Holroyd C B, Coles M G H. The Neural Basis of Human Error Processing: Reinforcement Learning, Dopamine, and the Error-Related Negativity [J]. Psychological Review, 2002, 109(4): 679-709.
[91] Chambon V, Sidarus N, Haggard P. From Action Intentions to Action Effects: How Does the Sense of Agency Come About? [J]. Frontiers in Human Neuroscience, 2014, 8: 320.
[92] Tsoi L, Dungan J, Waytz A, et al. Distinct Neural Patterns of Social Cognition for Cooperation Versus Competition [J]. NeuroImage, 2016, 137: 86-96.
[93] Schilbach L, Wilms M, Eickhoff S B, et al. Minds Made for Sharing: Initiating Joint Attention Recruits Reward-Related Neurocircuitry [J]. Journal of Cognitive Neuroscience, 2010, 22(12): 2702-2715.
[94] Kang G, Chang W, Wang L, et al. Reward Enhances Cross - Modal Conflict Control in Object Categorization: Electrophysiological Evidence [J]. Psychophysiology, 2018, 55(11): e13214-n/a.
[95] Lunn J, Sjoblom A, Ward J, et al. Multisensory Enhancement of Attention Depends on Whether You Are Already Paying Attention [J]. Cognition, 2019, 187: 38-49.
[96] Vastano R, Deschrijver E, Pozzo T, et al. Temporal Binding Effect in the Action Observation Domain: Evidence from an Action-Based Somatosensory Paradigm [J]. Consciousness and Cognition, 2018, 60: 1-8.
[97] Villa R, Tidoni E, Porciello G, et al. Violation of Expectations About Movement and Goal Achievement Leads to Sense of Agency Reduction [J]. Experimental Brain Research, 2018, 236(7): 2123-2135.
[98] Damen T G E. Sense of Agency as a Predictor of Risk-Taking [J]. Acta Psychologica, 2019, 197: 10-15.
[99] Choshen-Hillel S, Shaw A, Caruso E M. Disadvantaged but Not Dissatisfied: How Agency Ameliorates Negative Reactions to Unequal Pay [J]. Journal of Experimental Psychology: Applied, 2018, 24(4): 578-599.
[100] Karsh N, Eitam B, Mark I, et al. Bootstrapping Agency: How Control-Relevant Information Affects Motivation [J]. Journal of Experimental Psychology: General, 2016, 145(10): 1333-1350.

作者贡献声明：
李云云：提出研究思路、论文起草、论文修改；
顾晶金，赵科，傅小兰：论文修改。